

Финансовые трудности последних лет несколько сократили объем выполняемых работ, но не уменьшили оптимизм и работоспособность коллектива. Живем надеждами...

А. В. Пустоваров

ИСТОРИЯ ОДНОГО КРИСТАЛЛА

Кристаллы гидрида (дейтерида, тритида) лития (LiH, LiD, LiT) имеют простейшую электронную структуру (электронная конфигурация иона лития и водорода $1s^2$), простейшую кристаллическую структуру (типа NaCl), обладают максимальным изотопическим замещением по анионной подрешетке и поэтому считаются модельными кристаллами. Это самые легкие кристаллы при нормальных условиях ($\rho=0,77 \text{ г/см}^3$). Именно в силу этого еще в 30-е годы они стали впервые предметом кванто-механических расчетов электронной структуры кристаллов.

История исследования электронных возбуждений и люминесценции LiH на кафедре экспериментальной физики начинается с момента появления в 1959 г. в журнале «Оптика и спектроскопия» первой публикации по LiH и связана с именем основателя уральской научной школы по радиационной физике твердого профессора Ф. Ф. Гаврилова.

Работы по гидриду лития условно можно разбить на три временных периода, каждый из которых характеризуется определенным направлением исследований, привлечением соответствующей времени техники и постановкой методики эксперимента, качеством объекта исследования, т.е. совершенствованием технологии выращивания кристаллов. Первый период с 1959 г. до середины 70-х годов характеризуется изучением примесных центров и дефектов кристаллической структуры (главным образом, сложных центров окраски, предколлоидальных и коллоидных центров) в LiH методами абсорбционной и люминесцентной спектроскопии, ЭПР в области энергий 1,5–4,0 эВ при $T=80\text{--}300\text{ К}$. Это исследования и кандидатские диссертации, выполненные Б. Л. Двиняниновым, Б. В. Шульгиным, Г. И. Пилипенко, А. В. Астафьевой, В. Д. Пироговым, Н. И. Канунниковым, Г. И. Терентьевым.

Началом второго периода, по мнению автора, следует считать факт обнаружения в 1974–75 годах экситонных состояний в LiH и определения минимальной энергии межзонных переходов E_g . С этого момента начинается наиболее бурное развитие исследований по гидриду лития. Налаживается постоянный тесный научный контакт с эстонскими физиками из Тарту (Ч. Б. Лушник, Г. С. Завт, В. Г. Плеханов), выполняются эксперименты при температуре жидкого гелия, расширяется энергетический диапазон исследований структуры электронных возбуждений в ВУФ-область, изучение спектров вторичного свечения в ИК-области, проводятся теоретические расчеты, исследования экситонных состояний, электрон-фононного взаимодействия и, наконец, отрабатываются способы получения совершенных кристаллов методом Бриджмена-Стокбаргера, их всесторонний анализ, и ставится новый метод выращивания кристаллов LiH - метод Чохральского. В этот период были защищены кандидатские диссертации С. О. Чолахом, Т. А. Бетенековой, В. А. Пустоваровым, Д. В. Опариным,

В. М. Жуковым, О. И. Тютюнником, В. И. Тютюнником, Н. А. Завьяловым. Логическим итогом этих исследований явилась первая монография по LiH «Электронные возбуждения и дефекты в кристаллах гидрида лития» (1985 г.), которая подводит итог многолетних исследований и формирует новые актуальные задачи.

Все последующие работы, в том числе работы сегодняшнего дня, могут быть отнесены к третьему периоду развития исследований по LiH. Здесь можно выделить три главные направления:

- исследование возможности автолокализации экситонов и связанные с этим процессы образования радиационно-индуцированных дефектов кристаллической структуры;
- изучение механизмов роста кристаллов и совершенствование технологии выращивания кристаллов методом Чохральского;
- экспериментальное изучение электронной структуры кристаллов, спектров оптических констант и эффектов размножения электронных возбуждений в вакуумной ультрафиолетовой области (область энергий 4–40 эВ) с использованием синхротронного излучения электрон-позитронных накопителей.

В этот период были защищены кандидатские диссертации А. Н. Полиенко, Н. В. Суворовым, М. Е. Табачником, кроме того докторские диссертации именно по гидриду лития защитили С. О. Чолах (1989), Г. И. Пилипенко (1996), глава по гидриду лития была представлена в докторской диссертации В. А. Пустоварова (1994).

К сожалению, проведение работ во всех трех названных направлениях столкнулось с большими трудностями принципиального характера. На сегодняшний день многочисленными независимыми экспериментами установлено, что электронные возбуждения в LiH высокоподвижны. При значительной концентрации дорадиационных дефектов в кристаллической решетке, что является несомненным атрибутом при выращивании кристаллов гидрида лития из высокотемпературного расплава как методом Бриджмена-Стокбаргера, так и методом Чохральского, экситоны испытывают безызлучательный распад на дорадиационных дефектах. Поэтому надежных экспериментальных доказательств существования в LiH автолокализованных экситонов не получено. То же самое можно сказать и о возможности создания дефектов Френкеля в регулярной решетке LiH без участия дорадиационных дефектов. Вопрос до сих пор не ясен. Для экспериментального решения вопроса о радиационной стойкости LiH и о механизмах распада электронных возбуждений с образованием дефектов Френкеля нужно иметь кристаллы принципиально иного качества с низкой концентрацией дорадиационных дефектов, используя другие низкотемпературные методы выращивания этих кристаллов. Высокая концентрация дорадиационных дефектов является, по-видимому, также основной причиной низкой конверсионной эффективности LiH как сцинтилляционного материала, что полностью ограничивает его практическое применение в качестве детектора быстрых и тепловых нейтронов в смешанных гамма-нейтронных полях.

Чрезвычайно «упорным» оказался LiH и для экспериментального определения его электронной структуры и спектров оптических констант в ВУФ области спектра. Это связано с его гигроскопичностью – образованием на поверхности тонкой окисной пленки. Первые попытки измерения спектров оптических

констант LiH с использованием лабораторных ВУФ источников света были сделаны еще в начале 70-х годов (канд. диссертация С.О. Чолаха, 1974). На протяжении более 25 лет были предприняты еще несколько «атак» уже с применением синхротронного излучения – мощного источника света ВУФ диапазона. И только в 1999 году на синхротроне DESY (Гамбург) при сколе кристалла LiH непосредственно перед измерением спектра отражения в криостате при температуре 9К в ультравысоком вакууме $1 \cdot 10^{-10}$ Торр удалось, наконец, получить истинный спектр отражения LiH. Требуется его окончательная проверка и расчет из него спектров оптических констант.

Вот такое сочетание «простоты» и сложности. И все же представляется, что все коллеги и студенты, кто работал с гидридом лития в разное время, благодарны, что судьба свела с этим интересным кристаллом. Трудные для науки времена пройдут, и наверняка, LiH снова засияет на научном небосклоне и вновь будет пленить нас своими тайнами.

Ф. Г. Нешов

ЦИКЛОТРОН УГТУ В ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ И ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Оснащение ВУЗа таким уникальным оборудованием, каким являлся циклотрон в пятидесятые годы, явилось следствием того Великого Противостояния между Востоком и Западом, которое развернулось в тот период. Когда стало ясно, что гонка ядерных вооружений процесс длительный, и потребуются масштабные научные исследования в области ядерной физики и соответствующих технологий, Правительство СССР приняло решение о создании учебных институтов и факультетов в ряде вузов для подготовки кадров в атомную промышленность. Эти учебные заведения оснащались самой современной техникой, в том числе такой дорогостоящей, какой является циклотрон.

Циклотрон Р-7 проектировался и изготавливался в НИИ электрофизической аппаратуры им. Д. В. Ефремова в Ленинграде, как университетский ускоритель для проведения исследовательских работ и подготовки кадров. Таких установок было изготовлено четыре: для Московского и Ленинградского университетов, Уральского и Томского политехнических институтов. Они были введены в эксплуатацию в самом конце 50-х годов. Циклотрон позволял ускорять протоны, дейтоны и альфа-частицы до фиксированной энергии 6,7 МэВ/нуклон с током пучка на удаленную мишень до нескольких десятков микроампер. Он также обладал большим количеством недоработок, но усилиями сотрудников перечисленных вузов они были устранены, и к середине 60-х годов устойчиво работали в проектных режимах.

Циклотрон Уральского политехнического института был сдан в эксплуатацию 30 апреля 1960 года. Пионерами в освоении циклотрона под руководством Хрусталькова Георгия Викторовича были Безель Виктор Сергеевич, Кадочников Юрий Александрович, Нефедьев Евгений Григорьевич, Ослоповских Геннадий Александрович, Сарафанов Людвиг Александрович, Пугачев Станислав Васильевич, Ушаков Юрий Артемьевич.